

Sistem Telemetry Suhu dan Kelembaban Relatif pada Digester Anaerobik Menggunakan Telepon Seluler Cerdas Berbasis Android

Novianda Fratama¹⁾, Seno Darmawan Panjaitan²⁾, Aryanto Hartoyo³⁾

Control Systems Laboratory, Engineering Faculty, Tanjungpura University
e-mail: noviandafratama@gmail.com¹⁾, senopanaitan@gmail.com²⁾, hartoyoaryanto@yahoo.com³⁾

Abstract– The telemetry system developed in this research used a smartphone based on Android Operating Sistem (OS). Android was chosen since it has become popular with open source framework. The designed system was equipped with an SD Card for recording measurement data. The purpose of this research was to implement a telemetry system that could display the measurement data to the Android interface as table and graph in real time. This system consisted of two parts, that parts were hardware and software. Software part was an application installed on Android phone built using Eclipse IDE served to send commands to the hardware and displayed the measurement data. Hardware part was placed at the anaerobic digester and recorded the temperature and relative humidity (RH) data to SD Card and sent it to an Android smartphone if there was an order from application in smartphone. Data collected by LM35 and SHT11 sensor were compared with Digital Thermo-Hygrometer. Maximum and minimum error values of LM35 sensor were 1.46 °C and 0.02 °C respectively. Highest and smallest temperature error values of SHT11 sensor were 1.68 °C and 0.08 °C respectively, while maximum and minimum RH error values of SHT11 were 2.98 %, and 0.13 % respectively. Electrical energy consumption was 0.623 Wh with cycle time 30 minute and sampling time 1 minute. From the test results the telemetry system could work properly for both hardware and software.

Keywords– telemetry, temperature and relative humidity, anaerobic digesters, Android OS, SD Card

1. Pendahuluan

Suhu dan kelembaban relatif memiliki peranan yang penting pada fermentasi biogas [1]. Parameter suhu dan kelembaban relatif pada digester biogas juga diperlukan dalam pengembangan metode perancangan dan optimisasi strategi pengendalian tingkat lanjut sebelum menguji biogas untuk keperluan-keperluan praktek [2]

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dan mobilitas manusia yang semakin tinggi, sistem pengukuran jarak jauh (telemetry) dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam mengukur dan memantau suhu dan kelembaban relatif pada digester biogas dimanapun dan kapanpun. Sistem telemetry ini menggunakan telepon seluler (ponsel) cerdas.

Sistem operasi ponsel cerdas (*smartphone*) yang akan digunakan berbasis sistem operasi Android. Android dipilih karena merupakan salah satu sistem operasi yang

populer yang menguasai 79 % pasar global ponsel cerdas pada kuartal ke-2 tahun 2013 [3]. Di samping itu Android bersifat *open source code* sehingga kita dapat memodifikasi atau menambahkan fitur-fitur yang belum ada di sistem operasi Android.

Kemampuan Android tidak dibatasi, karena banyak orang yang mengembangkan *source code* Android. Apa yang dulu hanya bisa dilakukan oleh komputer kini dapat dilakukan oleh Android sehingga Android membuat segala pekerjaan yang dilakukan oleh komputer dapat dikerjakan secara *mobile*.

Sistem telemetry menggunakan Android masih belum banyak ditemukan [4]. Dan dengan berbagai macam kelebihan yang dimiliki oleh sistem operasi Android yang telah dipaparkan, maka sistem telemetry secara *mobile* menggunakan Android perlu untuk dikembangkan.

Pengukuran suhu dan kelembaban relatif pada digester umumnya masih dilakukan secara manual seperti yang dilakukan pada tempat-tempat pembuangan sampah akhir yang ada di Indonesia dan juga pada penelitian ristik [5]. Untuk memudahkan pengambilan data pengukuran, maka sistem telemetry akan sangat membantu.

Sistem telemetry ini dapat merekam data melalui aplikasi yang akan dibuat pada ponsel cerdas Android dan juga akan dilengkapi dengan media penyimpanan data berupa SD Card (*Secure Digital Card*) pada bagian perangkat keras sistem telemetrinya.

Sistem telemetry yang dirancang menggunakan mikrokontroler AVR ATmega1284P dengan bahasa pemrograman *basic* menggunakan perangkat lunak Bascom AVR. Ada tiga paramemeter yang diukur, yaitu suhu di luar dan di dalam digester biogas serta kelembaban relatif di sekitar digester biogas. Komunikasi antara mikrokontroler ke Android menggunakan modem GSM Wavecom M1306B melalui SMS (*Short Message Service*) Gateway. Aplikasi antarmuka telemetry pada Android dibuat dengan perangkat lunak Eclipse yang sudah diintegrasikan dengan ADT (*Android Development Tools*) *Plug-in*, dan menggunakan bahasa pemrograman Java dan XML.

Sensor yang digunakan adalah LM35 yang dibungkus dengan *probe stainless steel* sebagai sensor suhu di dalam digester, dan SHT11 produksi Sensirion sebagai sensor suhu dan kelembaban di luar digester. Kapasitas maksimum SD Card yang digunakan berukuran 8 GB. Aplikasi yang dibangun diimplementasikan untuk perangkat ponsel cerdas Android setara atau di atas versi 2.1 (Eclair) dan tidak membahas biaya pengiriman SMS.

2. Penelitian Terkait

Sistem telemetri adalah sistem pengukuran jarak jauh. Ada beberapa sistem telemetri yang telah dikembangkan yang berfokus pada penerapan-penerapan yang berbeda melalui berbagai macam skenario. Sing-Hui et al. [6] mendeskripsikan sebuah sistem telemetri untuk memantau tingkat kesehatan melalui jaringan CDMA. Sama halnya pada Y. Wu et al. [7] yang mengintegrasikan sistem telemetrinya dengan jaringan GSM untuk memonitor pasien penderita *Intradialytic Hypotension*, kedua penelitian ini tidak banyak mendiskusikan bagian perangkat penerima data pengukuran. Pada S. Dalola et al. [8] mengajukan suatu sistem telemetri untuk mengukur temperature pada pipa pengalir uap panas melalui RFID (*Radio-Frequency IDentification*), perangkat keras maupun perangkat lunak penerima dan penampil data pengukuran dirancang sendiri, jangkauan pengukuran masih pendek, yaitu jarak maksimum penerima dan penampil data pengukuran terhadap unit pengukur adalah 8 cm.

Sedangkan pada B. Stojkoska and D. Davcev [9] mengusulkan sebuah sistem telemetri dengan antarmuka WEB yang ramah bagi pengguna (*user friendly*) untuk memantau habitat. Telemetri dengan antarmuka WEB juga diusulkan pada Z. Niancheng et al. [10] untuk memonitor suhu pada peralatan-peralatan tegangan tinggi (*high-voltage equipments*). WEB memiliki jangkauan yang luas dan jauh karena menggunakan jaringan internet, tetapi diperlukan sebuah WEB Server dalam menggunakannya.

Sistem telemetri menggunakan ponsel berbasis non-Android diusulkan oleh G. Virone et al. [11] dan C.K. Harnett [12]. G. Virone et al. [11] menggunakan ponsel cerdas berbasis sistem operasi Window Mobile untuk memonitoring kesehatan. Window Mobile tidak bersifat *open source*, sehingga pengembangan aplikasinya lebih sulit untuk dilakukan. Demikian juga pada C.K. Harnett [12] yang menggunakan ponsel berbasis Java ME (*Micro Edition*), walaupun Java ME bersifat *open source*, akan tetapi spesifikasi perangkat keras ponsel berbasis Java ME lebih rendah dari pada ponsel dengan sistem operasi Android, dan kurang populer dibandingkan dengan ponsel Android.

Dari sekian banyak penelitian tentang sistem telemetri yang telah dipaparkan, sistem telemetri menggunakan ponsel berbasis android sebagai antarmukanya masih belum banyak ditemukan. Beberapa penelitian tentang sistem telemetri menggunakan Android yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1. Setiap peneliti menggunakan metode atau cara yang berbeda-beda dalam pengiriman data pengukuran, dan perbedaan berupa perangkat keras maupun perangkat lunak serta parameter yang diukur.

C. Khunboa and C. Jaikaeo [4] merancang sistem telemetri dengan Android menggunakan teknik transmisi efisien melalui *Tmote Sky* dan menggunakan WLAN (*wireless local area network*) sebagai komunikasi ke perangkat Android, hal ini memiliki kekurangan, yaitu

keterbatasan jarak jangkauan WLAN dan konsumsi daya listrik perangkat WLAN yang besar.

S. Aram et al. [13] menggunakan *Bluetooth* sebagai komunikasi ke perangkat Android, sama dengan WLAN, *Bluetooth* memiliki jarak jangkauan transmisi yang pendek sekitar 10 meter, walaupun daya listrik yang digunakan lebih hemat.

Salah satu media komunikasi yang memiliki jangkauan yang luas dan jauh adalah internet, seperti pada N. Moreira et al. [14]. Namun diperlukan sebuah WEB Server dalam penggunaannya, dan biaya *hosting* sebuah WEB Server tidak murah [15]. W. Ai and C. Chen [15] menggunakan SMS Gateway sebagai penghubung mikrokontroler ke perangkat Android. SMS memiliki jaringan yang luas dan tidak memerlukan WEB Server karena SMS telah memiliki pusat layanan tersendiri yang disediakan oleh penyedia layanan SMS, di samping itu antarmukanya dengan mikrokontroler lebih mudah dilakukan.

Pada penelitian - penelitian sistem telemetri menggunakan ponsel berbasis Android yang telah dipaparkan, antarmuka pada aplikasi Android yang dirancang memiliki bentuk sederhana seperti pada C. Khunboa and C. Jaikaeo [4], S. Aram et al. [13], dan W. Ai and C. Chen [15], yaitu menampilkan data pengukuran tanpa tampilan waktu pengukuran dan tidak dalam bentuk tabel atau grafik. Sedangkan pada N. Moreira et al. [14] tidak ditampilkan seperti apa antarmuka yang dibuat.

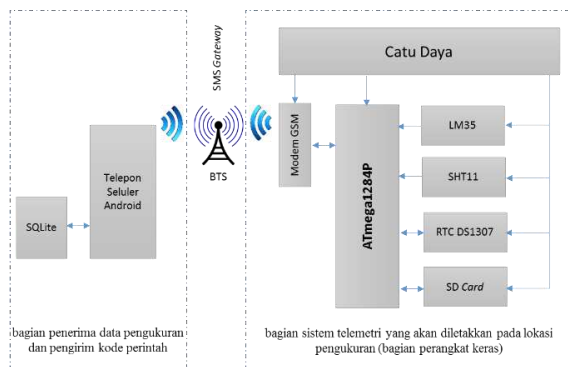
Tabel 1. Penelitian-penelitian tentang sistem telemetri menggunakan Android

Referensi	Sistem Komunikasi	Parameter Yang Diukur (dan sensor yang digunakan)	Mikrokontroler
C. Khunboa and C. Jaikaeo [4]	WLAN	Suhu, Kelembaban, Cahaya, Suara, Gerakan, Accelerometer, Embun (terintegrasi dengan <i>Tmote Sky</i>)	<i>Tmote Sky</i>
N. Moreira et al. [14]	Internet	Suhu, Gerakan (terintegrasi dengan iMote2)	<i>Embedded platform iMote2</i> dengan prosesor Intel PXA271 XScale
S. Aram et al. [13]	Bluetooth	Suhu dan Kelembaban Relatif (SHT11)	C8051F314 (Silicon Labs Inc.)
W. Ai and C. Chen [15]	SMS Gateway	Suhu dan Kelembaban Relatif (DB171)	S3C2440 (Samsung)
Penelitian Ini	SMS Gateway	Suhu dan Kelembaban Relatif (SHT11), Suhu (LM35)	ATmega1284P (Atmel)

3. Perancangan

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras sistem telemetry suhu dan kelembaban relatif secara umum dibagi menjadi tujuh bagian, yaitu: sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega1284P, catu daya, antarmuka modem GSM dengan ATmega1284P, antarmuka sensor suhu LM35 dengan ATmega1284P, antarmuka Sensirion SHT11 dengan ATmega1284P, antarmuka DS1307 dan ATmega1284P, serta antarmuka SD Card dengan ATmega1284P. Secara umum skema sistem telemetry ditunjukkan pada Gambar 1.

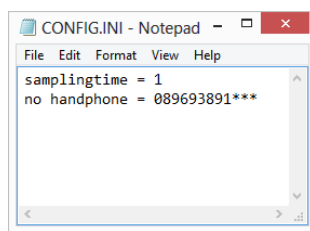


Gambar 1. Diagram skematik sistem telemetry suhu dan kelembaban relatif

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1 Perangkat Lunak pada Mikrokontroler

Pada umumnya konfigurasi kerja sistem dapat diatur secara *offline* dan secara *online*. Pengaturan secara *offline* biasanya menggunakan komputer. Pada penelitian ini *setting offline* tersebut tidak dilakukan menggunakan komputer tetapi melalui *file* yang ada di memori SD Card yang berisi beberapa baris kode. *File* tersebut akan selalu dibaca oleh mikrokontroler pada awal dinyalakan kemudian setiap parameter tersebut disimpan di memori EEPROM mikrokontroler.

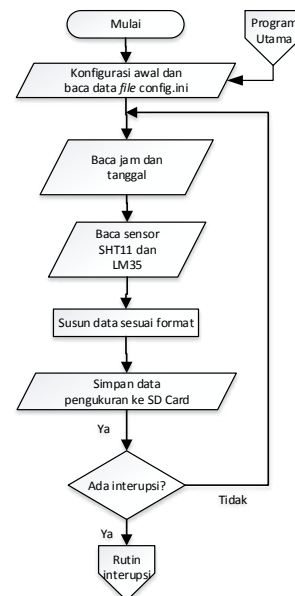


Gambar 2. File config.ini

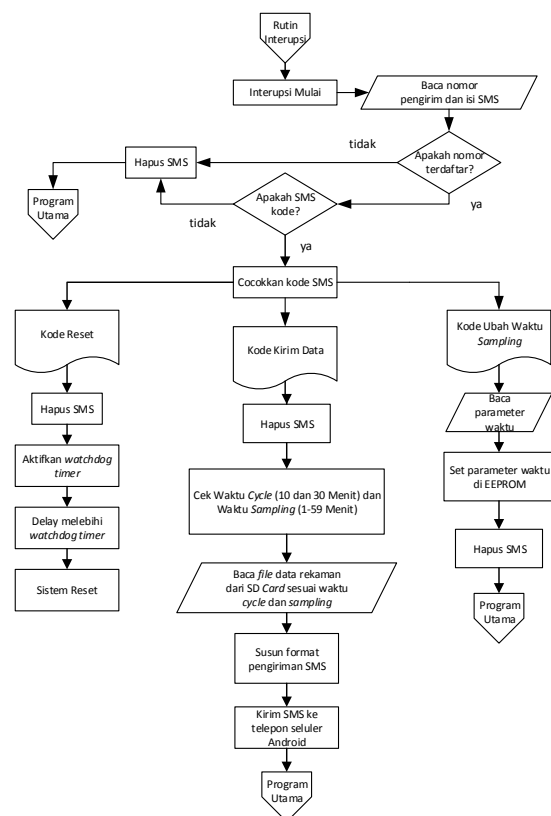
Dalam perancangan ini digunakan *file* config.ini (Gambar 2) yang ditanamkan di SD Card sebagai pengatur kerja perangkat sistem telemetry. Beberapa hal yang diatur dalam *file* ini yaitu baris pertama adalah waktu *sampling* perekaman data ke SD Card dalam menit, baris kedua adalah nomor penerima dari ponsel Android.

Perangkat lunak ini dibangun dengan bahasa *basic* menggunakan Bascom AVR yang merupakan bahasa pemrograman untuk mikrokontroler AVR. Perangkat

lunak ini terdiri atas dua alur program yaitu alur program utama dan alur program interupsi (SMS konfigurasi dan perintah dari aplikasi Android). Adapun kedua alur tersebut terlihat pada Gambar 3 dan 4. Pada saat dinyalakan mikrokontroler melakukan konfigurasi untuk perangkat luar yang digunakan yaitu modem GSM, sensor dan perangkat internal yaitu vektor interupsi RS232 yang digunakan untuk mendeteksi interupsi SMS masuk.



Gambar 3. Diagram alir program utama

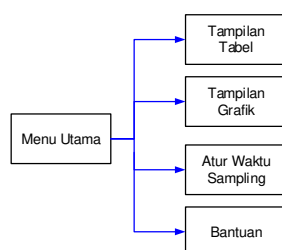


Gambar 4. Diagram alir program rutin interupsi

3.2.2 Antarmuka Aplikasi Telemetry di Android

Antarmuka aplikasi dirancang dalam bentuk aktivitas-aktivitas (*activity*) yang memiliki fungsi tertentu sesuai dengan proses yang ada. Struktur antarmuka pada aplikasi dirancang sebagai berikut.

1. Menu Utama: Aktivitas ini merupakan aktivitas utama yang menyediakan pilihan untuk mengakses aktivitas lain yang disediakan.
2. Tampilan Tabel: Aktivitas ini digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dalam tampilan tabel.
3. Tampilan Grafik: Aktivitas ini digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dalam tampilan grafik.
4. Atur Waktu Sampling: Aktivitas ini digunakan untuk mengatur waktu *sampling* perekaman data.
5. Bantuan: Aktivitas ini merupakan rincian penjelasan aplikasi, fitur, dan cara penggunaan.



Gambar 5. Struktur antarmuka aplikasi di ponsel

4. Hasil Pengujian

4.1 Pengujian Sensor LM35 dan SHT11

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai pengukuran yang dihasilkan oleh sensor terhadap alat ukur *Thermo-Hygrometer* digital. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali, rangkuman hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

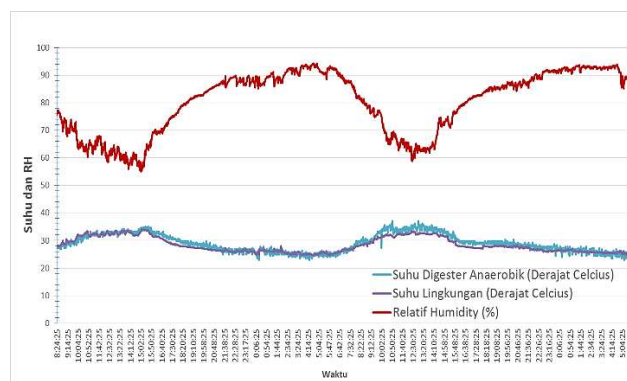
Tabel 2. Hasil pengukuran oleh sensor dan *Thermo-Hygrometer*

LM35		SHT11		<i>Hygrometer</i>		Galat	
Suhu (°C)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	LM35 (°C)	SHT11 (°C)	RH (%)
27,83	29,27	69,32	27,9	69	0,07	1,37	0,32
27,83	29,23	68,4	27,9	68	0,07	1,33	0,4
27,83	29,2	68,34	27,9	67	0,07	1,3	1,34
28,32	29,18	68,13	27,8	66	0,52	1,38	2,13
27,83	29,14	67,98	27,8	65	0,03	1,34	2,98
28,32	29,66	81,93	28,3	80	0,02	1,36	1,93
27,83	30,38	76,89	28,7	75	0,87	1,68	1,89
27,34	29,42	66,52	28,1	65	0,76	1,32	1,52
27,83	29,33	67,07	28,2	65	0,37	1,13	2,07
28,32	29,29	66,11	28,1	64	0,22	1,19	2,11
28,32	29,06	68,32	28,1	68	0,22	0,96	0,32
27,34	29,05	67,87	28,8	68	1,46	0,25	0,13
27,34	29	68,22	28,7	67	1,36	0,3	1,22
27,83	28,99	67,63	28,4	66	0,57	0,59	1,63
27,83	28,97	68,18	27,7	66	0,13	1,27	2,18
27,83	28,88	68,37	28	68	0,17	0,88	0,37
28,32	28,88	68,52	28,8	68	0,48	0,08	0,52
28,32	28,87	68,63	28,6	67	0,28	0,27	1,63
27,83	28,88	68,61	28,8	68	0,97	0,08	0,61
28,32	28,85	68,51	28,3	66	0,02	0,55	2,51

Galat terbesar nilai suhu dari sensor LM35 terhadap alat ukur adalah 1,46 °C dan galat terkecil 0,02 °C. Galat terbesar nilai suhu dari sensor SHT11 terhadap alat ukur adalah 1,68 °C dan galat terkecil 0,08 °C sedangkan galat terbesar kelembaban relatif dari sensor SHT11 terhadap alat ukur yaitu sebesar 2,98%, dan terkecilnya adalah 0,13%.

4.2 Perekaman Data pada Digester Anaerobik

Perangkat telemetry diuji kemampuannya dalam merekam data suhu dan kelembaban relatif pada digester anaerobik. Digester anaerobik merupakan tempat pemrosesan degradasi bahan buangan atau limbah organik, kotoran hewan, atau sisa-sisa makanan tanpa melibatkan oksigen (kondisi anaerob) melainkan dengan bantuan bakteri (mikroba). Digester anaerobik yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk menghasilkan gas metana, pada umumnya dikenal sebagai biogas. Sensor suhu LM35 digunakan untuk mengetahui suhu fermentasi yang terjadi di dalam digester anaerobik. Kondisi-kondisi lingkungan sekitar yang diukur adalah suhu lingkungan dan kelembaban relatif lingkungan di sekitar digester anaerobik, sensor SHT11 digunakan untuk mengetahui nilai parameter fisis tersebut. Perangkat telemetry diletakkan di atas digester anaerobik, dan sensor suhu LM35 diletakkan di dalam digester anaerobik.



Gambar 6. Hasil rekaman data pengukuran pada digester anaerobik tanggal 5 Agustus 2013 hingga 7 Agustus 2013

Waktu sampling perekaman data adalah satu menit, pengambilan data suhu dan kelembaban relatif tanpa diinterupsi oleh permintaan data dari aplikasi telemetry pada ponsel Android. Data diekstrak dari file LOGGING.TXT yang merekam data mulai dari tanggal 5 Agustus 2013 pukul 08:24:25 hingga 7 Agustus 2013 pukul 05:26:25 kemudian di-plot menjadi grafik seperti pada Gambar 6. Kelembaban relatif tertinggi didapat 94,27% dan terendah 55,12%. Suhu lingkungan sekitar maksimum 34,09°C dan terendah sebesar 24,6°C. Suhu di dalam digester maksimum sebesar 37,11°C dan minimum 22,95°C. Perangkat telemetry dapat bekerja dengan baik dalam merekam data suhu dan kelembaban relatif ke SD Card. Ukuran file rekaman sebesar 94,4 KB serta data suhu dan kelembaban relatif yang terukur sebanyak 2615 baris data.

4.3 Pengujian Aplikasi Telemetri di Ponsel Android

Aplikasi telemetri yang telah dibuat akan diuji tiap-tiap aktivitasnya. Pengujian dilakukan dengan mencoba pemasangan aplikasi pada ponsel Android, dan kemudian akan dilihat apakah aktivitas yang telah dirancang dapat melaksanakan fungsi-fungsinya dengan baik sesuai dengan fungsi yang telah diprogramkan pada masing-masing aktivitas. Tipe ponsel yang digunakan adalah SONY XPERIA SOLA dengan sistem operasi versi 4.0.4 (*Ice Cream Sandwich*).

Antarmuka hasil perancangan aktivitas utama dapat dilihat pada Gambar 7. Aktivitas utama memiliki empat buah *button* yaitu *button* Tampilan Tabel, *button* Tampilan Grafik, *button* Atur Waktu Sampling, dan *button* Bantuan, yang masing-masingnya berfungsi untuk mengakses Aktivitas Tampilan Tabel, Aktivitas Tampilan Grafik, Aktivitas Atur Waktu Sampling dan Aktivitas Bantuan. Aktivitas utama akan dipanggil saat pertama kali aplikasi dijalankan dari ponsel Android. Aktivitas ini berfungsi dengan baik saat mengakses aktivitas lainnya.



Gambar 7. Antarmuka Aktivitas Utama

Aktivitas Tampilan Tabel (Gambar 8) digunakan untuk menampilkan data pengukuran dalam bentuk tabel secara *thread*. Dalam aktivitas ini tersedia satu buah *spinner* yang berfungsi untuk memilih *cycle*, ada dua buah mode *cycle* yang dapat dipilih yaitu “Last 10 Min” dan “Last 30 Min”.

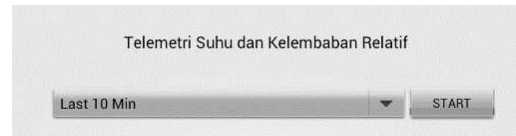
Tanggal	Waktu	Suhu (°C) Digester	Suhu (°C) Ling.	RH(%)
07/08/13	05:13:25	24.41	25.61	87.29
07/08/13	05:14:25	22.95	25.38	87.81
07/08/13	05:15:25	24.41	25.30	87.89
07/08/13	05:16:25	24.90	25.08	88.04
07/08/13	05:17:25	24.41	24.85	89.40
07/08/13	05:18:25	25.39	25.03	89.30
07/08/13	05:19:25	25.88	25.24	88.74
07/08/13	05:20:25	25.88	25.15	89.40

Gambar 8. Aktivitas Tampilan Tabel setelah *start* ditekan

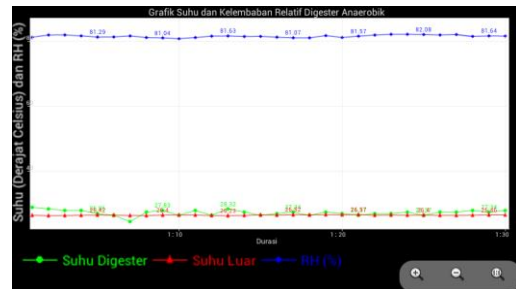
Aktivitas Tampilan Grafik (Gambar 9) digunakan untuk menampilkan data pengukuran dalam bentuk grafik. Gambar 10 menunjukkan grafik suhu dan kelembaban relatif apabila *button start* ditekan.

Aktivitas Atur Waktu Sampling berfungsi untuk mengatur waktu *sampling* perekaman data yang dilakukan oleh perangkat telemetri. Antarmuka untuk aktivitas ini ditunjukkan pada Gambar 11. Aktivitas ini

terdiri dari sebuah *edit text* yang digunakan untuk memasukkan nilai waktu *sampling* yang diinginkan, dan sebuah *button* untuk mengeksekusi pengiriman perintah ke perangkat telemetri.



Gambar 9. Antarmuka Aktivitas Tampilan Grafik

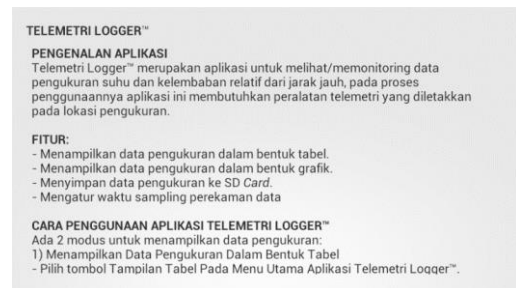


Gambar 10. Grafik suhu dan kelembaban relatif dari ponsel



Gambar 11. Antarmuka Aktivitas Atur Waktu Sampling

Aktivitas Bantuan (Gambar 12.) menampilkan bantuan, penjelasan fitur, dan cara penggunaan aplikasi.



Gambar 12. Antarmuka Aktivitas Bantuan

4.4 Konsumsi Energi Listrik Perangkat Keras

Hasil pengukuran besaran listrik dan perhitungan daya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran besaran listrik perangkat telemetri

No	Kondisi	Arus (mA)	Tegangan Sumber (V)	Daya (mW)
1	Standby	52,9	11,63	$52,9 \times 11,63 = 615,2$
2	SD Card beroperasi	59,9	11,63	$59,9 \times 11,63 = 696,6$
3	Modem beroperasi	69,6	11,63	$69,6 \times 11,63 = 809,5$

Jika diasumsikan penggunaan energi listrik maksimal selama satu jam adalah ketika waktu *sampling* diatur satu menit dan dalam satu jam ada permintaan data pengukuran satu kali untuk waktu *cycle* 30 menit, dan

diasumsikan juga saat menulis data, SD Card beroperasi selama satu 1 detik, serta waktu yang diperlukan untuk mengirim data ke ponsel untuk waktu *cycle* 30 menit dengan waktu sampling 1 menit adalah selama 2 menit, maka dapat dihitung total konsumsi energi listrik perangkat telemetri selama satu jam sebagai berikut:

$$E_{total} = E_{standby} + E_{modem} + E_{sdcard} \quad (1)$$

$$E_{total} = P_{standby} \cdot t_{standby} + P_{modem} \cdot t_{modem} + P_{sdcard} \cdot t_{sdcard} \quad (2)$$

$$E_{total} = 615,2 \cdot \left(1 - \frac{\left(\frac{(60-2)}{1} \right) \cdot 1}{3600} - \frac{2}{60} \right) + 809,5 \cdot \frac{2}{60} + 696,6 \cdot \frac{\left(\frac{(60-2)}{1} \right) \cdot 1}{3600}$$

$$E_{total} = 623 \text{ mWh} = 0,623 \text{ Wh}$$

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem telemetri berbasis Android dapat memberikan kemudahan dalam proses memantau data pengukuran suhu dan kelembaban relatif pada digester anaerobik.
2. Aplikasi telemetri yang dirancang dapat bekerja dengan baik, aplikasi dapat menampilkan data yang tersimpan pada database aplikasi ke tampilan tabel maupun grafik.
3. Perekam data bekerja dengan baik dalam merekam data suhu dan kelembaban relatif pada lokasi pengukuran.
4. Modem yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dalam menerima kode perintah dari ponsel maupun dalam mengirimkan data ke ponsel.

Referensi

- [1] W. Gu, C. Li, and M. Gu. "Study on the Wind/Biogas Integration System for Power Generation and Gas Supply", *World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, 2009 on 24-26 Sept. 2009*, pp. 1-4.
- [2] Christian Wolf, S. McLoone, and M. Bongards. "Biogas Plant Control and Optimization Using Computational Intelligence Methods", *Automatisierungstechnik*, Vol. 57, No. 12, pp. 638-649, 2009.
- [3] Gartner. 2013. *Global Market Share of Leading Smartphone Operating Systems In Sales to End Users from 1st Quarter 2009 to 2nd Quarter 2013*. September 18, 2013. <http://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/>
- [4] C. Khunboa and C. Jaikao. "Android OS Mobile Monitoring Systems Using an Efficient Transmission Technique over Tmote Sky WSNs", *Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing, 2012 8th International Symposium on 18-20 July 2012*, pp. 1-6.

- [5] Seno D. Panjaitan, Sukandar, Berlian Sitorus dan Yandri. "Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Berasal dari Sampah Perkotaan", *Laporan Penelitian INSINAS Ristek 2012*.
- [6] Sing-Hui Toh, Seung-Chul Lee, and Wan-Young Chung. "WSN Based Personal Mobile Physiological Monitoring and Management System for Chronic Disease", *Convergence and Hybrid Information Technology, ICCIT '08 Third International Conference on 11-13 Nov. 2008*, pp. 467-472.
- [7] Y. Wu et al. "A WSN-Based Wireless Monitoring System for Intradialytic Hypotension of Dialysis Patients", *Sensors, 2009 IEEE Conference on 25-28 Oct. 2009*, pp. 1959-1962.
- [8] S. Dalola et al. "Autonomous Sensor System With Power Harvesting for Telemetric Temperature Measurements of Pipes", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 58, No. 5, pp. 1471-1478, 2009.
- [9] B. Stojkoska and D. Davcev. "Web Interface for Habitat Monitoring Using Wireless Sensor Network", *Wireless and Mobile Communications, 2009 (ICWMC '09) Fifth International Conference on 23-29 Aug. 2009*, pp. 157-162.
- [10] Z. Niancheng et al. "An Online Temperature Measurement System Based Wireless Communication Technology", *Power System Technology, International Conference on 22-26 Oct. 2006*, pp. 1-3.
- [11] G. Virone et al. "An Advanced Wireless Sensor Network for Health Monitoring", *Proc. Transdisciplinary Conference on Distributed Diagnosis and Home Healthcare on April 2006*.
- [12] C.K. Harnett. "Open Wireless Sensor Network Telemetry Platform for Mobile Phones", *IEEE Sensors Journal*, Vol. 10, No. 6, pp. 1083-1084, 2010.
- [13] S. Aram, A. Troiano, and E. Pasero. "Environment Sensing Using Smartphone", *Sensors Applications Symposium (SAS), 2012 IEEE on 7-9 Feb. 2012*, pp. 1-4.
- [14] N. Moreira et al. "@Sensor - Mobile Application to Monitor a WSN", *Information Systems and Technologies, 2011 6th Iberian Conference on 15-18 June 2011*, pp. 1-6.
- [15] W. Ai and C. Chen. "Green House Environment Monitor Technology Implementation Based on Android Mobile Platform", *Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), 2011 2nd International Conference on 8-10 Aug. 2011*, pp. 5584 - 5587.

Biografi

¹ **Novianda Fratama** lahir di Ketapang, Indonesia pada tanggal 29 November 1991, mendapatkan gelar S.T. (sarjana) tahun 2013 dari Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dengan predikat *Cum Laude*.

² **Seno Darmawan Panjaitan** menerima gelar Dr.-Ing (Doktoral) dari Universitas Kaiserslautern (Jerman) tahun 2007 dan merupakan dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak dengan bidang keahlian *Automation & Industrial Informatics, Mechatronics, Energy Optimization*, dan *Green Control Technology*.

² **Aryanto Hartoyo** menerima gelar Ir. (Insinyur) di bidang Teknik Kendali pada tahun 1984 dan M.T. (Master) di bidang manajemen energi tahun 2010 dari Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Dia merupakan dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak dengan bidang keahlian sistem berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler.